

女子ハンドボール競技者の呼吸循環機能に 関する一考察

高 野 亮

緒 言

女子ハンドボールの競技成績の向上には、競技者の女性としての身体状況や体力的特徴を把握し、科学的に指導することが肝要である。著者は、東京女子体育大学ハンドボール部員の監督コーチとして各部員の身体状況を把握する目的で、各部員の基礎体温記録を昭和58年4月に開始し、続行している。

ハンドボールの競技においては、競技者の技術の優秀さとともに最大限の持久力が要求される。今回この持久力の最も良い指標である最大酸素摂取量の測定を各部員について行い、各部員の呼吸循環器機能の生理学的分析を行った。更に、呼吸中枢の CO_2 に対する応答性を測定し、呼吸系の機能特性の把握も試みた。これらの方法による各部員の身体状況や呼吸循環器機能の測定結果を基盤として、将来の訓練方法を思考した。

方 法

1. 研究対象

東京女子体育大学ハンドボール部員22名を対象に選出した。

2. 基礎体温（BBT）の記録

全ハンドボール部員について基礎体温の継続記録を行っているが、上記の対象者の年間のBBT記録の分析を行い生理機能の推移を把握した。

3. 最大酸素摂取量の測定

22名の研究対象者について下記の如きトレッドミルによる運動負荷法によって最大 O_2 摂取量の測定を行った。

運動負荷は表1に示すごとく120m/分から3分ごとに20m/分ずつ漸増しオールアウトに至るまで増量した。

運動中の呼気分析は日本電気三栄株式会社製、エアロビックスプロセッサ391を使用して行い O_2 摂取量、 CO_2 排出量、呼吸気量等を10秒または30秒ごとに記録した。一部の対象者にはダグラスバッグを使用して、一分ごとの呼気を同機により分析、測定した。

4. 呼吸中枢の炭酸ガスに対する応答テスト

Readら¹⁾の再呼吸法によって CO_2 に対する応答性を14名の対象者について行った。被験者に7% CO_2 +93% O_2 の混合ガスを、4～5分間再呼吸させ、換気の応答を記録した。その

表 1 各部員の $\text{VO}_2 \text{ max}$ 測定経過中の VO_2 VO_2 (l/分)

トレッドミルスピード (m/分)	分 rest	(2-3) 120	(5-6) 140	(8-9) 160	(11-12) 180	(14-15) 200	(17-18) 220	(20-21) 240
Y. M.	286	1386	1643	1839	2023	2350	2591	
N. M.	252	1523	1775	1922	2168	2385	2444	
U. K.	294	1386	1661	1757	1977	2206	2388	
M. U.	337	1721	1850	1999	2273	2442	2700	
H. K.	279	1336	1543	1658	2030	2160	2430	2652
M. U.	319	1673	1880	2120	2512	2473	2757	
K. R.	225	1350	1556	1785	2055	2291	2456	2739
S. U.	245	1398	1572	1806	2063	2176	2400	
K. K.	268	1637	1925	2144	2269	2514	2825	
A. T.	280	1260	1493	1708	1978	2168	2382	2702
N. M.	280	1345	1494	1737	1959	2160	2328	2549
T. M.	198	1194	1276	1522	1704	1868	2031	2203
H. I.	240	1461	1770	1969	2079	2466	2784	2991
F. N.	251	1167	1590	1762	1871	2202	2364	2613
K. T.	229	1298	1437	1573	1815	2034	2129	2234
H. H.	232	1042	1198	1447	1826	1905	2122	2184
O. T.	309	1435	1673	1906	2166	2240		
N. H.	235	1264	1349	1347	1573	1689	1833	1824
K. K.	325	1639	1704	1943	2402	2453	2697	
N. H.	228	1493	1648	1885	2067	2198	2354	
A. U.	279	1469	1752	1897	2024	2134	2364	
O. C.	252	1614	1827	2095	2397	2697	2960	

結果から $\Delta V/\Delta \text{PCO}_2$ を計算し、 CO_2 に対する感受性を推定した。(ΔV は血中 CO_2 の濃度に対して変動する換気の増減量)。

5. 皮脂厚の測定

全対象者の皮脂厚を超音波断層法により測定し、各部員の体組成の特性を推量した。測定器は、三栄測器社製リニア電子スキャン超音波トモグラフ(トモエース 2 H 62—周波数 3.5 MHz)を使用した。測定は右上腕三頭筋中腹部、及び右肩甲骨下角下部の2ヶ所で行い、それらの和をXとし体密度を次の式によって計算した。(体密度 $D = 1.0819 - 0.00181 X$)。さらに、体脂肪比、F(%)を次式により計算した。[$F(\%) = (4.570/D - 4.142) \times 100$]。

6. 上記の測定は、昭和60年8月中旬に半数の部員について、10月中旬に残りの半数の部員について東京女子体育大学運動医学実験室において行った。

結 果 と 考 察

年間のBBT記録分析の結果、二相型BBT周期を1ヶ年間の月経回数のうち50%以上示し

た者は、わずかに3名であった。他の者は、単相性BBT周期を年間100%から50%以上示した。上記の3名も、二相性BBT周期の出限率は60~50%で、他の周期は単相型であった。この単相型BBT周期は、無排卵性月経を暗示し周期間の卵胞期と黄体期の二期を区別できない。従って、最大 O_2 摂取量の分析は、二相型BBT周期の部員は低温期に1回、他の各人員については、周期間1回の測定とした。各人の最大 O_2 摂取量測定時の、1分間毎の O_2 摂取量の推移が表1に示されている。その測定結果に基づいて算出した最大 O_2 摂取量及び、体重1kg当りの最大酸素摂取量が、表2に示される。被験者のオールアウトに至った時間は、最短17分から最長24分半であった。日本人の一般女性の体重1kg、毎分あたりの最大 O_2 摂取量は同年齢では $36.5 \pm 5.2 \text{ ml/kg} \cdot \text{分}^{2)}$ と報告されているが、女子の一流競技選手の体重1kgあたりの最大 O_2 摂取量は同年齢の中距離ランナーで $53.3 \text{ ml/kg} \cdot \text{分}$ 、クロスカントリー選手は 49.4 ml

表2 最大 O_2 摂取量

被 験 者	$VO_2 \text{ max}$ (ml/min)	$VO_2 \text{ max}/$ ($\text{ml}/\text{kg} \cdot \text{分}$)
Y. M.	2691	48.1
N. M.	2444	40.0
U. K.	2388	45.1
M. U.	2711	40.5
H. K.	2652	47.4
M. U.	2879	44.6
K. R.	2739	50.9
S. U.	2634	43.2
K. K.	3065	51.9
A. T.	2932	53.8
N. M.	2847	49.9
T. M.	2203	45.0
A. T.	3074	54.9
F. N.	2613	50.3
K. T.	2362	49.2
H. H.	2212	45.6
O. T.	2362	42.2
N. H.	1900	41.3
K. K.	2808	46.8
N. H.	2356	40.0
A. U.	2416	40.3
O. C.	2960	47.7
平 均 値		46.3
標準偏差		4.54

表3 各部員の体脂肪比

被 験 者	F(%)
Y. M.	19.8
N. M.	17.7
U. K.	18.2
M. U.	20.6
H. K.	19.0
M. U.	20.6
K. R.	18.2
K. K.	18.2
A. T.	16.9
N. M.	20.6
T. M.	16.9
H. I.	19.0
F. N.	17.7
K. T.	19.0
H. H.	18.2
O. T.	17.7
N. H.	17.7
K. K.	21.9
N. H.	20.6
A. Y.	21.5
O. C.	19.8

平均値 ± 19.0 ± 1.49

表4 各部員の除脂肪体重量

被 験 者	LBM (kg)
Y. M.	46.5
N. M.	53.5
U. K.	44.2
M. U.	53.2
K. R.	47.4
K. K.	49.4
A. T.	43.2
N. M.	46.1
T. M.	40.7
H. I.	49.4
F. N.	44.9
K. T.	40.5
H. H.	47.4
O. T.	46.1
N. H.	38.7

平均値 46.1 ± 4.30

表5 各部員の除脂肪体重 kg あたりの最大O₂ 摂取量

被 験 者	VO ₂ max/LBM kg・分
Y. M.	57.9
N. M.	45.7
U. K.	54.0
M. U.	54.1
K. R.	57.8
K. K.	61.9
A. T.	67.9
N. T.	61.8
T. M.	54.1
H. I.	62.2
F. N.	58.2
K. T.	58.3
H. H.	46.7
O. T.	51.2
N. H.	49.1

平均値 56.1 ± 6.21

表6 Readの呼吸中枢の炭酸ガスに対する応答テスト結果

被 験 者	CO ₂ response S (△V/△PCP ₂) l/min/mmHg
Y. M.	1.05
N. M.	1.75
U. K.	1.13
H. K.	1.49
M. U.	2.45
K. R.	1.49
S. U.	1.93
K. K.	1.86
A. T.	2.20
N. M.	2.08
T. M.	1.41
H. I.	0.98
F. N.	1.60
K. T.	2.04

kg・分, また, カヌー選手は $50.6\text{ml/kg}\cdot\text{分}$ と報告されている³⁾。女子のハンドボール選手についての $\text{VO}_2\text{max/kg}\cdot\text{分}$ の報告はないが, 男子においては $55\sim 60\text{ml/kg}\cdot\text{分}$ と報告されている⁴⁾。

マラソンの増田選手は, $72.7\text{ml/kg}\cdot\text{分}$ の非常に高い値を示した⁵⁾。

表2に, 各部員の $\text{VO}_2\text{max/kg}\cdot\text{分}$ の値が示されているが, このうちの数人については, 酸素摂取能の増強の訓練が必要と思われる。

表3は, 体組成の指標である体脂肪比を各部員について示している。その平均値は, $19.0\pm 1.49\%$ で, 日本の同年齢の女性の平均値よりやや低い, 正常範囲内と考えられる。

これらの値から各部員について除脂肪体重 (LBM) を算出した値が表4に示されている。さらに, 表5は $\text{VO}_2\text{max/LBMkg}\cdot\text{分}$ の各人の値を示している。 $\text{VO}_2\text{max/kg}\cdot\text{分}$ 値と $\text{VO}_2\text{max/LBMkg}\cdot\text{分}$ 値は, これらの被験者については全く比例関係が成立している。

次に呼吸中枢の CO_2 に対する感受性のテスト結果は, 表6に示すごとくであるが, 女子スポーツ選手についての研究報告は非常に少なく見あたらない。木村らは, 年齢約28才の健康男子の $\Delta\dot{V}/\Delta\text{PCO}_2$ は, $1.82\text{ml}/\text{min}/\text{mmHg}$ と報告している。これらの値から推量すると, これら被験者の呼吸中枢の化学感受性は, ほぼ正常域にあると考えてよいであろう。

以上のこれらの部員の体組成の測定結果, すなわち皮下脂肪量の低値は, 競技には好条件の一つと言えるであろう。これは, 訓練の適量さを示唆すると思われるが, 他面, 基礎体温の異常型を惹起していると考えられる。また, 呼吸循環器系の測定の結果は, ハンドボール競技者として, 呼吸循環器系の相応の発達をしていると見なせる。しかしながら, この機能の一層の向上がよりよい競技者となるためには必要であることは明らかである。部員の指導にあたっては, これらの点に留意し今後も, 今回のような科学的な測定データをもとにして, 部員の基本体力の増強を図っていくつもりである。

ま と め

東京女子体育大学ハンドボール部員の, 長期基礎体温記録の結果, 単相型BBT周期が多発していることが明らかになった。この月経異常は, 運動の影響によるものと考えられるが, 競技に必要な持久力などの体力面を, 把握するため最大 O_2 摂取量の測定を行い, さらに呼吸中枢の CO_2 に対する化学感受性を検討した。その結果, 体重1kgあたりの毎分の最大 O_2 摂取量は, 他の競技の一流女子選手のそれらに比べて, ほぼ同程度の値を示した者が多かった。又, 呼吸中枢の CO_2 に対する応答性も, 正常域にあった。これらの事実は, 大部分の部員がハンドボール競技者としてほぼ充分な体力を保有していることを示していると言えるが, 若干の部員にさらに体力の増強の必要性が見られた。競技成績向上の為に, 今後各部員の以上のような科学的データを基にして, 体力の中心である持久力の一層の増強を図るため, 研究を続行する計画である。

文 献

1. Read DJC. A Clinical method for assessing the ventilatory response to CO_2

Australasian Ann Med.

2. 日本人の体力標準値, 第2版 p.237 東京都立大学身体適性学研究室編 1975.
3. 日本体育協会スポーツ科学委員会報告 1973.
4. 宮村実晴ら体力トレーニング p.314, 真興交易医書出版部 1986. 1月.
5. 山地啓司 一流スポーツ選手の最大酸素摂取量 体育学研究 第30巻 第3号 1985.
6. 木村弘ら CO₂ response curve, 呼吸4巻6号 1985.

Menstrual Function and VO_2 max.
of Hand - ball College Athletes

Akira Takano

The BBT recordings for a year with 22 students belonging to hand-ball club of Tokyo Women's College of physical Education revealed that almost all of them had menstrual cycles with mono-phasic BBT patterns indicating anovulatory menses. In order to find out the functions of cardio-respiratory system, their maximal oxygen uptakes and CO_2 responses of the respiratory center were studied. The results showed that their VO_2 max/kg ranged between 40 and 55 ml/min. and the sensitivity to CO_2 (VI/PCO_2) showed a range between 0.98 and 2.45 l/min./mmHg. These facts may indicate that the trainings of the club have brought their physical fitness to an adequate level. However, to win at the competitions further trainings will be required to all athletes. For those trainings a scientific means based on the physiological studies as above mentioned will be necessary.